



**Tiago Joaquim
Soares Silva**

**MELHORIA DO FLUXO DE MATERIAIS COM O
AUXÍLIO DE FERRAMENTAS LEAN**



**Tiago Joaquim
Soares Silva**

MELHORIA DO FLUXO DE MATERIAIS COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS LEAN

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

“Há sempre uma maneira melhor”

Thomas Edison

o júri

presidente

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar, Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao meu orientador professor Luís Ferreira pelo apoio dado longo deste projeto e aos excelentes professores com quem tive aulas na Universidade de Aveiro. À Clementina Dinis pela oportunidade da realização do estágio, ao Nuno Silva pelos muitos conhecimentos transmitidos, à Cláudia Marques e a todos os colaboradores da 4Lean pelo apoio dado nestes 8 meses. À Carolina Abreu pela motivação dada para escrever este relatório. Aos meus pais e familiares que me orientaram, ajudaram, motivaram ao longo do meu percurso académico.

palavras-chave

Lean manufacturing, just in time, kanban, diagrama de spaghetti, mizusumashi.

resumo

As ferramentas *lean* auxiliam a aplicação dos conceitos *lean* levando à redução dos desperdícios ao longo da cadeia de valor e redução do *lead time*. Este projeto tem como objetivos melhorar o processo de *picking* de materiais e a redução do WIP ao longo do fluxo de materiais da empresa. Para atingir esses objetivos foi feito uma pesquisa de artigos científicos e literatura existente. Depois analisaram-se os processos de forma a se conseguir identificar melhorias futuras. Com este projeto conseguiu-se alcançar poupanças na área responsável pelo processo de *picking* com a implementação de supermercados, estruturas de organização de paletes e novo modelo de carro de *picking*. Devido a mudanças de *layout* e melhorias nos processos foi possível reduzir o WIP e aumentar a capacidade em 70%.

keywords

Lean manufacturing, just in time, *kanban*, *spaghetti* diagram, *mizusumashi*.

abstract

Lean tools support the application of the lean concepts leading to reduce the waste through the supply chain and reducing lead time.

This project aims to improve the picking materials process and reduction of WIP along the materials flow on the company 4Lean in order to improve the material flow. To achieve these objectives has been done a research of scientific papers and literature. Then the processes were analyzed in order to identify future improvements.

With this work we able to achieve savings on the area responsible for the picking process with implementation of supermarkets, structures to organize pallets and new model car of picking. As result of the layout changes and improvements on the processes was possible to reduce the WIP and increase the capacity by 70%.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Índice de Figuras..... | x |
| Índice de Tabelas e Quadros..... | xi |
| Índice de Gráficos | xi |
| Lista de siglas e acrónimos..... | xii |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 2 Revisão Bibliográfica..... | 2 |
| 2.1 Lean | 2 |
| 2.2 Just in time | 3 |
| 2.3 Push System vs Pull System..... | 3 |
| 2.4 Valor | 4 |
| 2.5 Muda..... | 4 |
| 2.6 Kanban | 6 |
| 2.6.1 Funções..... | 6 |
| 2.6.2 Regras..... | 7 |
| 2.7 Tipos de kanban | 7 |
| 2.7.1 Quantidade de Kanbans..... | 8 |
| 2.8 Supermercados..... | 8 |
| 2.9 Mizusumashi..... | 9 |
| 2.11 Diagrama de spaghetti..... | 10 |
| 2.12 Ciclo PDCA..... | 10 |
| 3 Caso de Estudo | 12 |
| 3.1 Apresentação da Empresa | 12 |
| 3.1.1 Breve História..... | 12 |
| 3.1.2 Mercado | 12 |
| 3.1.3 Famílias de Produtos | 13 |
| 3.1.4 Entregas de Produtos | 14 |
| 3.2 Processos..... | 15 |
| 3.2.1 Entrada de materiais em stock..... | 15 |
| 3.2.2 Montagem por produto | 16 |
| 3.2.3 Transformação dos produtos..... | 18 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 3.3 Diagnóstico inicial | 19 |
| 3.3.1 Layout..... | 20 |
| 3.3.2 Logística | 21 |
| 3.3.3 Corte e furação | 23 |
| 3.4.1 Montagem..... | 24 |
| 3.4.2 Principais problemas | 25 |
| 3.5 Melhorias Realizadas..... | 26 |
| 3.5.1 Layout..... | 26 |
| 3.5.2 Logística | 27 |
| 3.5.2.1 Supermercados..... | 27 |
| 3.5.2.2 Organização de paletes..... | 28 |
| 3.5.2.3 Carros de picking..... | 33 |
| 3.5.2.4 Mizusumashi..... | 33 |
| 3.5.2.5 Kanban..... | 35 |
| 3.5.3 Corte e furação | 36 |
| 3.5.4 Montagem..... | 38 |
| 4 Conclusões..... | 41 |
| 4.1 Principais resultados..... | 41 |
| 4.2 Trabalhos futuros | 42 |
| 4.2.1 Logística | 42 |
| 4.2.2 Corte e Furação | 42 |
| 4.2.3 Montagem..... | 42 |
| Bibliografia..... | 43 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – CASA DO LEAN (FONTE: ADAPTADO LEAN.ORG, 2014)..... | 2 |
| FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS ENCOBERTOS PELO <i>STOCK</i> (FONTE: SUZAKI, 2010) | 5 |
| FIGURA 3 – TIPOS DE KANBAN (FONTE: ADAPTADO DE SUZAKI, 2010) | 7 |
| FIGURA 4 – DIAGRAMA SPAGHETTI (FONTE: LEANOP, 2012) | 10 |
| FIGURA 5 – CICLO PDCA | 11 |
| FIGURA 6 – ENTRADA LEC (FONTE: <i>LEAN EXCELLENCE CENTER</i> , 2013) | 12 |
| FIGURA 7 – SUPERMERCADO CONSTRUÍDO EM 4LEAN SYSTEM (FONTE:4LEAN, 2014) | 13 |
| FIGURA 8 – <i>TALLWAGON</i> SOLUÇÃO CONSTRUÍDA COM 4LEAN SYSTEM+ (FONTE: 4LEAN, 2014) | 13 |
| FIGURA 9 – MINIWAGON (FONTE: 4LEAN, 2014)..... | 13 |
| FIGURA 10 – PROCESSO DE ENTRADA EM <i>STOCK</i> DE COMPONENTES COMPRADOS..... | 15 |
| FIGURA 11 – PROCESSO DE ENTRADA EM <i>STOCK</i> DE COMPONENTES PRODUZIDOS | 16 |
| FIGURA 12 – ANTIGO CARRO DE <i>PICKING</i> | 18 |
| FIGURA 13 – PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DOS PRODUTOS..... | 19 |
| FIGURA 14 – <i>LAYOUT</i> DA 4LEAN EM SETEMBRO DE 2013 (FONTE: ADAPTADO DE DOCUMENTO INTERNO 4LEAN) | 20 |
| FIGURA 15 – PALETE MULTIPRODUTO..... | 21 |
| FIGURA 16 – <i>SPAGHETTI</i> DA ZONA DE CORTE..... | 23 |
| FIGURA 17 – <i>SPAGHETTI</i> DA ZONA DE MONTAGEM..... | 24 |
| FIGURA 18 – <i>LAYOUT</i> 4LEAN EM ABRIL DE 2013 (FONTE: ADAPTADO DE DOCUMENTO INTERNO 4LEAN) | 26 |
| FIGURA 19 – SUPERMERCADOS COM TODOS OS TIPOS DE PRODUTO 4LEAN SYSTEM | 27 |
| FIGURA 20 – LOCALIZAÇÃO DO <i>STOCK</i> PARA REPOSIÇÃO | 28 |
| FIGURA 21 – PALETE MULTIPRODUTO M6 | 29 |
| FIGURA 22 – <i>LAYOUT</i> INICIAL DAS PALETES MONOPRODUTO..... | 30 |
| FIGURA 23 – <i>LAYOUT</i> INICIAL DA PALETE COM ESTRUTURA..... | 30 |
| FIGURA 24 – <i>LAYOUT</i> FINAL DE PALETE COM ESTRUTURA..... | 30 |
| FIGURA 25 – ATUAL CARRO DE <i>PICKING</i> | 33 |
| FIGURA 26 – ROTA DO MIZUSUMASHI COM PARAGENS (FONTE: ADAPTADO DE DOCUMENTO INTERNO 4LEAN)..... | 34 |
| FIGURA 27 – ESTRUTURA PARA ORGANIZAÇÃO DE PONTAS | 36 |
| FIGURA 28 – SUCATA DE PERFIS E SEUS CRITÉRIOS (FOI AMPLIADA A PARTE DOS CRITÉRIOS DE FORMA A SEREM LEGÍVEIS)37 | |
| FIGURA 29 – <i>BASEWAGON</i> (FONTE: 4LEAN, 2014) | 39 |
| FIGURA 30 – SUPORTE DE MONTAGEM 4LEAN SYSTEM | 40 |

Índice de Tabelas e Quadros

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 – MATRIZ PRODUTO/PROCESSO, FORMA DE ENTREGAR E OPERAÇÕES PROCESSADAS | 15 |
| QUADRO 2 – FAMÍLIAS DE PRODUTOS E PROCESSO DE MONTAGEM..... | 16 |
| TABELA 1 – QUANTIDADE DE ESTRUTURAS MULTIPRODUTO POR MODELO..... | 31 |

Índice de Gráficos

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1 – PROCESSO DE RETIRAR <i>STOCK</i> DAS RACKS (EIXO X: OPERAÇÕES, EIXO Y: SEGUNDOS) | 22 |
| GRÁFICO 2 – TEMPO DE RETIRAR <i>STOCK</i> DAS RACKS EM SEGUNDOS..... | 32 |
| GRÁFICO 3 – EIXO Y: (GRÁFICO A: METROS) (GRÁFICO B: NÚMERO DE PERFIS CORTADOS)..... | 38 |

Lista de siglas e acrónimos

AGV – *Automated Guided Vehicle*

DOR – *Dailly Operation Review*

JIT – *Just in Time*

LEC – *Lean Excellence Center*

MTO – *Make to Order*

MTS – *Make to Stock*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

QCESM – *Qualidade, Custo, Entrega, Segurança e Moral*

TPS – *Toyota Production System*

WIP – *Work in Process*

1 Introdução

Este relatório é o resultado do projeto desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial que foi cumprido na empresa 4Lean.

O mundo em que vivemos está cada vez mais competitivo e a concorrência é global, é igualmente importante as empresas saberem adaptar-se às mudanças que ocorrem nos mercados. Neste contexto, surge a necessidade das empresas estarem cada vez mais bem preparadas para oferecer aos seus clientes produtos ou serviços a preços competitivos. A implementação da filosofia *lean* nas organizações permite a redução de custos e consequente aumento da competitividade. Esta filosofia pode ser implementada em todos os processos da empresa desde o chão de fábrica ao escritório, ajudando ainda a reduzir o *lead time*.

O projeto teve como objetivo melhorar o fluxo de materiais recorrendo ao auxílio de ferramentas da filosofia *lean management*. As ações foram feitas sempre com o objetivo principal de diminuir o desperdício ao longo do fluxo de materiais. De maneira a garantir a melhoria contínua dos processos utilizou-se o ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA).

A criação de supermercados e a melhoria do abastecimento através da modificação dos carros de *picking* e implementação do *mizusumashi* foram essenciais para a melhoria do fluxo de materiais. Eliminaram-se ainda tarefas que não acrescentavam valor e melhoraram-se os processos de montagem.

Como já referido anteriormente, este projeto propõe-se a melhorar o fluxo de materiais nas diversas áreas da empresa. Para tal foram determinados os seguintes objetivos:

- Melhorar o processo de *picking* dos materiais;
- Reduzir o *work in process* (WIP) nas áreas de: montagem; corte e furação.

Este relatório está organizado em quatro capítulos: introdução, revisão bibliográfica, caso de estudo e conclusões. No primeiro capítulo de introdução, no qual se insere este subtema, é também tratado o enquadramento ao tema e a sua relevância assim como enunciados os objetivos. O capítulo 2 trata-se de uma revisão bibliográfica aos conceitos teóricos sobre os temas que irão ser tratados nos capítulos seguintes. No capítulo 3, caso de estudo, irá ser apresentada a empresa e revelados os processos com relevância para o projeto. Ainda no mesmo capítulo será feito um diagnóstico inicial e exibidas as melhorias realizadas. O último capítulo irá ter as conclusões do relatório realizado assim como futuras ações programadas e sugeridas.

2 Revisão Bibliográfica

Ao longo deste capítulo serão abordados conceitos e ferramentas utilizadas ao longo do projeto. Começar-se-á pela filosofia *lean* passando depois a explicar o *just in time*, as diferenças entre o sistema de produção tradicional e o utilizado por uma organização *lean*, assim como os conceitos de valor e *muda*. Depois de serem abordados os conceitos mais relevantes, explicar-se-á as seguintes ferramentas *lean*: *kanban*, supermercados, *mizusumashi* e diagrama *spaghetti*. No final deste capítulo será explicado o ciclo PDCA e a classificação ABC.

2.1 Lean

A origem do *lean*, como o conhecemos hoje, surgiu com o Toyota Production System (TPS). Este sistema de produção foi criado por Taiichi Ohno numa altura em que a economia japonesa passava grandes dificuldades devido à derrota na segunda guerra mundial. O principal objetivo do TPS era reduzir ao máximo o tempo desde que a encomenda é feita até o cliente pagar o produto Ohno (1988). Alguns dos conceitos que estiveram na base do TPS já eram utilizados no início do século XX por Henry Ford quando criou uma linha de montagem com fluxo contínuo.

Lean é uma filosofia de gestão focada na criação de valor para o seu cliente, procurando reduzir o *lead time*, bem como os desperdícios existentes ao longo da cadeia de valor. A figura 1, mostra a casa do *lean* colocando no topo os objetivos de baixo custo, alta qualidade e baixo *lead time*. Para atingir esses objetivos, o *lean* tem como pilares o sistema *just in time* e *jidoka*. A base desta casa é o *heijunka*, o *kaizen* e o trabalho *standard*.

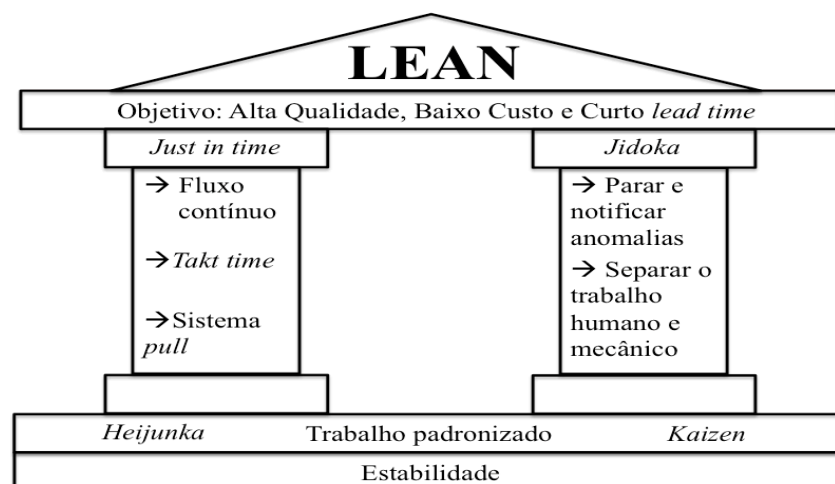


Figura 1 – Casa do Lean (Fonte: Adaptado Lean.org, 2014)

Segundo, Womack e Jones (1996) a filosofia *lean* permite às organizações “determinar valor, alinhar as ações que acrescentam valor na melhor sequência, conduzir essas atividades sem interrupções quando houver procura e executá-las de forma cada vez mais eficaz”. Esta frase leva à definição dos cinco princípios da filosofia *lean*: valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, sistema *pull* e perfeição.

2.2 Just in time

O sistema *just in time* (JIT), faz parte de um dos pilares da casa do *lean* acima exibida. *Just in time* é um sistema que sugere produzir o que é necessário, no momento e quantidade necessária, com mínimo custo, em todos os processos do produto ou serviço. Uma gestão JIT deverá estar focada na eliminação de desperdício em todos os processos até que o produto ou serviço seja vendido.

Para as empresas trabalharem em JIT, é necessário uma mudança de paradigma da gestão tradicional das organizações que funcionam em *push system* passem a trabalhar em *pull system*. As diferenças entre estes dois sistemas irá ser explicada no tema seguinte.

2.3 Push System vs Pull System

Tradicionalmente as organizações funcionam num paradigma *push* (empurrar), ou seja, o produto ou serviço é produzido e empurrado para o processo seguinte independente da sua procura. Bonney (1999) define sistema *push* como um sistema no qual o fluxo de informação segue em no mesmo sentido do fluxo de material. Neste sistema de gestão decide-se as quantidades de produção com base em previsões teóricas e nos níveis de *stock* existentes. As organizações que operam segundo o paradigma *push* normalmente têm os seguintes problemas:

- Falta de flexibilidade para responder à procura;
- Materiais obsoletos em *stock*;
- *Stocks* excessivos;
- Custos com a gestão de *stocks*;
- Efeito de chicote.

As organizações *lean*, ao contrário das tradicionais utiliza o sistema *pull*. Bonney (1999) define sistema *pull* como um sistema no qual o fluxo de informação segue em sentido contrário ao fluxo de material. Este sistema é utilizado em organizações que implementaram o sistema JIT, mencionado anteriormente. Ao contrário dos sistemas tradicionais, apenas é

produzido algum produto ou serviço quando o cliente (ou processo a jusante) o consome. O sistema de gestão de operações *pull*, é caracterizado por:

- Fabricar apenas quando existe procura;
- *Lead times* reduzidos;
- Baixos níveis de *stock*;
- Diminuição da variabilidade;
- Maior capacidade de resposta aos mercados.

2.4 Valor

Como já mencionado anteriormente, ao aplicar a filosofia *lean*, é importante sabermos o que acrescenta valor. Para tal necessitamos de saber o que é valor e distingui-lo de custo.

Custo é o investimento feito por um produto ou serviço, esse investimento pode ser feito em dinheiro, tempo ou de outra forma. Valor é a compensação que recebemos em troca do que pagamos (Pinto, 2009). Para sabermos o que acrescenta valor a um produto, primeiro precisamos de saber quem é o nosso cliente. Pode-se considerar cliente, qualquer *stakeholder* o consumidor final, trabalhador do processo seguinte, o dono da empresa, a sociedade, entre outros. Depois é necessário saber o quê que o nosso cliente valoriza no produto ou serviço de forma a que o custo que o nosso cliente investe seja compensado pelo valor que o nosso produto ou serviço o oferece.

2.5 Muda

Muda é uma palavra em japonês que significa desperdício. Entenda-se por desperdício toda a atividade que não acrescenta valor para o cliente. Taiichi Ohno identificou que os desperdícios que ocorriam nas fábricas eram semelhantes e que se podiam reduzir a sete tipos: a sobreprodução, espera, transporte, processo, *stock*, movimento e defeitos.

Sobreprodução: acontece quando se produz mais do que a procura ou antes de ser necessário. A sobreprodução cria mais problemas e esconde a verdadeira causa dos mesmos. É considerado um dos piores desperdícios pois quando há sobreprodução consome-se matérias-primas, pagam-se salários para criar *stock* que é desnecessário.

Espera: este desperdício acontece quando o operador está à espera enquanto as máquinas trabalham sozinhas, quando o equipamento falha, ou mesmo quando está à espera que peças cheguem. Segundo Suzaki (2010) este desperdício nem sempre é fácil de identificar, isto porque os operários parecem estar sempre ocupados mesmo que não estejam a acrescentar valor ao produto.

Transporte: a movimentação de componentes dentro da fábrica não acrescenta valor ao produto. O transporte faz com que aumente o custo do produto, o tempo de fabrico e o risco que o produto se estrague.

Processo: o processo pode ser em si fonte de desperdício por serem incluídas operações não necessárias. Quando um produto é processado de forma incorreta também existe desperdício.

Stock: haver mais *stock* do que estritamente necessário implica haver mais manuseamento de materiais, espaço, pessoas e gestão. Como mostra a figura 2, o *stock* em excesso faz com que problemas como defeitos, mau planeamento, avarias, entre outros, sejam encobertos. Para além de um desperdício em si, o *stock* faz com que frequentemente surjam outros desperdícios.

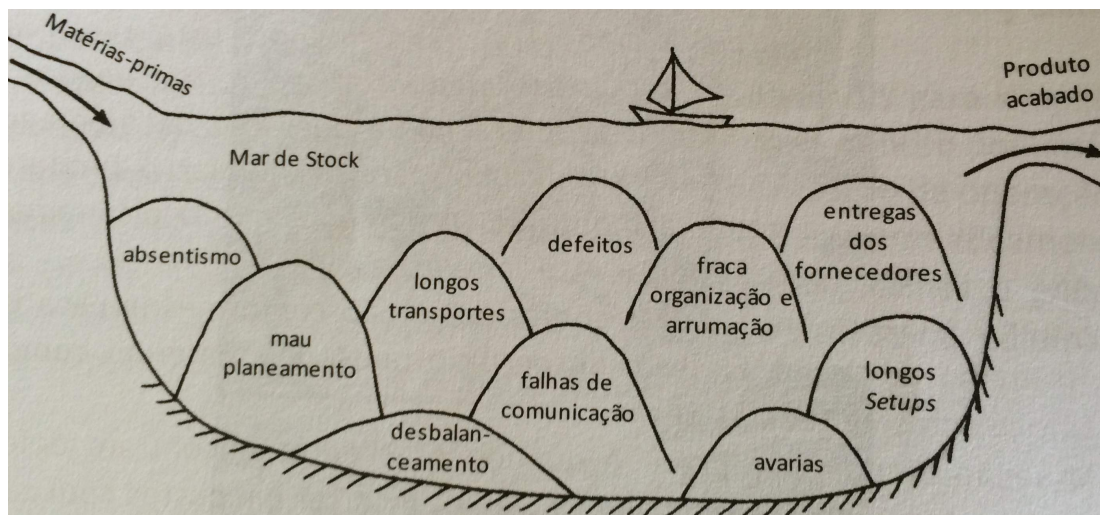


Figura 2 – Ilustração dos desperdícios encobertos pelo *stock* (Fonte: Suzaki, 2010)

Movimento: o facto do operador estar-se a movimentar não significa que este esteja a trabalhar. Este pode estar, por exemplo, tentar localizar ferramentas ou documentos, sem estar a acrescentar valor ao produto.

Defeitos: este desperdício sucede quando um produto é feito fora das especificações definidas. Isto pode fazer com que ocorram perdas de material, retrabalho, espera nos processos a jusante ou perdas de reputação se o defeito chegar ao cliente. O tempo que é gasto na inspeção e triagem dos produtos também é um desperdício.

Para além destes sete desperdícios identificados por Ohno, Liker (2004) refere a existência de um oitavo desperdício, a **capacidade dos colaboradores subaproveitada**. Este desperdício habitualmente sucede quando os colaboradores não são envolvidos nem ouvidos no entanto têm ideias, capacidades e conhecimento dos processos que poderiam acrescentar valor à organização.

2.6 Kanban

Kanban é uma palavra em japonês que significa cartão. Criado por Taiichi Ohno, o sistema *kanban* é uma ferramenta utilizada para aplicar o JIT. Este sistema foi criado, equiparando para ambiente fabril, o funcionamento dos supermercados americanos na década de 50. Nos supermercados americanos, os clientes (ou processo a jusante), iam ao supermercado (ou processo a montante) e retiravam das prateleiras os produtos que necessitavam. Todos os produtos tinham cartões agregados, estes eram retirados pela funcionária à medida que os clientes os traziam para pagar. Depois, com uma frequência definida, estes cartões eram entregues ao armazém (processo a montante) para fornecer os mesmos produtos que tinham sido vendidos. Nesta mesma época, Ohno também criou o conceito de supermercados de produtos, assunto que será tratado adiante neste documento.

Apesar do sistema *kanban* ser um aspecto central no sistema de produção JIT, o *kanban* é apenas uma das várias ferramentas existentes para manter este tipo de produção. O *kanban* não deve ser usado com produtos que têm procura sazonal, ocasional, ou incerta (caso dos novos produtos). Tira-se o melhor proveito do uso de *kanbans* quando os produtos são de produção repetitiva, com consumo pouco variável e menor preço. Quando utilizados de forma correta, os *kanbans* trazem às organizações uma redução de custos de gestão de *stock*.

2.6.1 Funções

Apesar de existirem várias, podemos dizer que os *kanbans* tem duas funções principais: controlo da produção e melhoria do processo.

Controlo da produção: o *kanban* tem a informação de qual o tipo de peças e que quantidade deverá ser produzida. Essa informação é passada dos processos a jusante para os processos a montante. Este controlo permite eliminar o desperdício da sobreprodução, dado que ao utilizar o *kanban* só há produção quando as peças são puxadas pelo processo a jusante. Se possível, este sistema deverá ser estendido às fábricas dos fornecedores.

Melhoria do processo: depois de implementado, o *kanban* pode ser uma ferramenta importante para continuar a melhorar o processo. Através da redução de número de cartões *kanban*, o *stock* é reduzido e isso poderá ajudar a revelar problemas que não tenham sido identificados, como ilustra a figura 2.

2.6.2 Regras

Para a utilização do sistema de *kanban*, existem algumas regras que devem ser asseguradas. Se não houverem condições para que sejam cumpridas este sistema não deverá ser usado pois poderá ser prejudicial. O cumprimento das seguintes regras assegura o aproveitamento do potencial do *kanban* para a melhoria da organização:

- Processos a jusante retiram peças dos processos a montante;
- Deve ser produzida a quantidade exata do *kanban*;
- Produtos enviados para o processo a jusante deve ter 0% de defeitos;
- Fazer o planeamento com produção nivelada;
- O *kanban* deve estar sempre junto à peça;
- Usar o *kanban* para ajudar a descobrir necessidades de melhoria.

2.7 Tipos de kanban

Podemos dividir os *kanbans* em vários tipos de acordo com as necessidades da organização. No entanto Suzaki (2010) considera que os principais são:

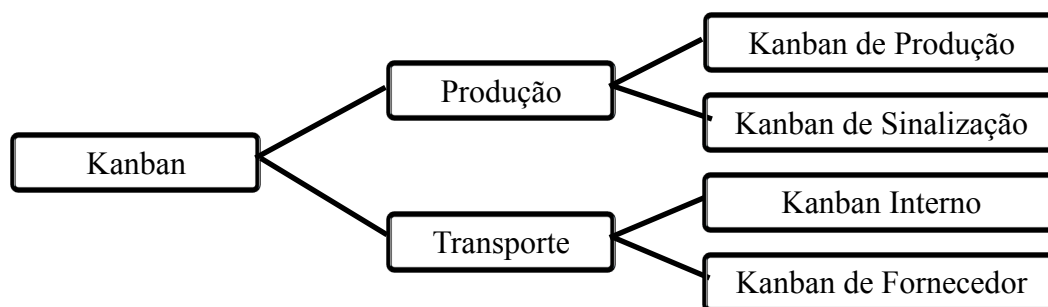


Figura 3 – Tipos de Kanban (Fonte: Adaptado de Suzaki, 2010)

Kanban de produção: são utilizados para processos feitos na fábrica onde o tempo de *setup* é insignificante ou nulo. O *kanban* de produção dá instruções aos operadores de quais operações deverão ser feitas em cada processo.

Kanban de sinalização: são utilizados quando o tempo de *setup* de um equipamento é significativo. Com tal, os lotes de produção são normalmente maiores quando comparamos com um processo que exija menor tempo de *setup*. Os *kanbans* de sinalização funcionam da mesma forma do que os *kanbans* de produção, mas são usados quando se pretende controlar o tamanho máximo e mínimo do lote num só cartão.

Kanban interno: estes *kanbans* são usados para puxar peças dos processos a montante para o espaço e no momento que irão ser necessárias. Apenas são utilizados quando o processo a montante é feito na mesma fábrica.

Kanban de fornecedor: à semelhança dos *kanbans* internos, os *kanbans* de fornecedor são utilizados para solicitar transporte de peças de um processo a montante que neste caso é o fornecedor. De certa forma, estes *kanbans* são uma extensão dos *kanbans* internos até os fornecedores. Também são chamados de *kanbans* de ordem de compra por serem entregues aos fornecedores para saberem que peças fornecer.

2.7.1 Quantidade de Kanbans

Quando se criam *kanbans* para uma peça é necessário saber qual o número de *kanbans* que devem ser feitos e de que tamanho deve ter o lote. Suzaki (2010), diz que o número de *kanbans* não pode ser determinado por fórmulas exatas. Hirano (2009) pensa de forma diferente, apresentando assim uma fórmula para calcular o número necessário de *kanbans*:

$$\text{Número de Kanbans} = \frac{\text{Produção diária} \times (\text{Leadtime} + \text{Margem de segurança})}{\text{Capacidade da palete}}$$

Apesar de vários autores afirmarem que se deve determinar o número de *kanbans* por uma fórmula matemática, a verdade é que não existe nenhuma fórmula consensual. Usando ou não uma fórmula para calcular o número de *kanbans* devemos ter em conta o *lead time*, os lotes de compra (ou de fabrico), e consumo da peça ou *takt time*. Mesmo depois de calcularmos o número de *kanbans* devemos tentar reduzir para permitir identificar oportunidades de melhoria no processo.

2.8 Supermercados

O nome de supermercados, surgiu devido à adaptação, anteriormente mencionada, que Taiichi Ohno fez dos supermercados americanos para o ambiente fabril. No contexto de produção JIT, supermercado é o ponto intermédio de *stock* onde os operadores do processo a jusante vão buscar os produtos quando precisam e na quantidade necessária. Os supermercados devem ser dimensionados de forma a que tenham capacidade de ter *stock* suficiente para a procura nos intervalos entre abastecimentos. Estes supermercados são locais de armazenamento dinâmico devem ser colocados o mais próximo possível do processo seguinte. Devemos também ter em conta que deverá haver um corredor de abastecimento e um de *picking*.

2.9 Mizusumashi

Mizusumashi é uma palavra japonesa que significa abastecedor, pode-se chamar também *mizu*, comboio logístico ou *milk run*. O *mizusumashi* é abastecedor de componentes entre processos a montante e a jusante, isto é, tanto pode ligar os fornecedores à nossa fábrica como pode ligar o armazém ao bordo de linha. Este abastecimento pode realizar-se de diversas formas dependendo das características da fábrica e dos produtos. Poderá ser executado com um pequeno carro sem motor e só com um vagão, por um veículo motorizado com vários vagões ou até por um AGV(*Automated Guided Vehicle*) que não necessita de condutor. O tipo de veículo utilizado para um *mizusumashi* deve depender dos seguintes fatores: peso e tamanho dos materiais a transportar, distância a percorrer e frequência do abastecimento.

Segundo Pinto (2009) as funções mais importantes do *mizusumashi* são:

- Satisfazer os pedidos de recolha baseados em listas de *picking* ou por *kanban*;
- Recolher as caixas vazias existentes nas áreas de trabalho;
- Reunir os materiais necessários no armazém;
- Recolher os produtos acabados ou intermédios e entregá-los ao processo seguinte;
- Repor componentes no bordo de linha.

Segundo Pinto (2009), as vantagens de utilizar o *mizusumashi*:

- Apenas os materiais necessários são entregues;
- Entrega de vários materiais e componentes;
- O abastecimento é planeado, evitando assim rupturas de material;
- Se existirem falhas no fornecimento de materiais estas são detetadas a tempo de serem corrigidas;
- Há apenas um interveniente no manuseamento de materiais;
- Entregas frequentes e de acordo com as necessidades de cada posto de trabalho.

2.11 Diagrama de spaghetti

O diagrama de *spaghetti* é uma análise aos processos feita sobre a planta do posto de trabalho, registrando os percursos realizados por pessoas, equipamentos e informação ao longo desse processo. Foi dado este nome porque o resultado típico deste diagrama, como podemos ver na figura 4, parece um *spaghetti* devido ao emaranhado de percursos. Normalmente, os colaboradores ficam espantados com o resultado final devido à quantidade de metros percorridos e de tempo perdido em deslocações e esperas. Após a análise de um diagrama de *spaghetti*, é-nos permitido melhorar o *layout* do posto de trabalho.

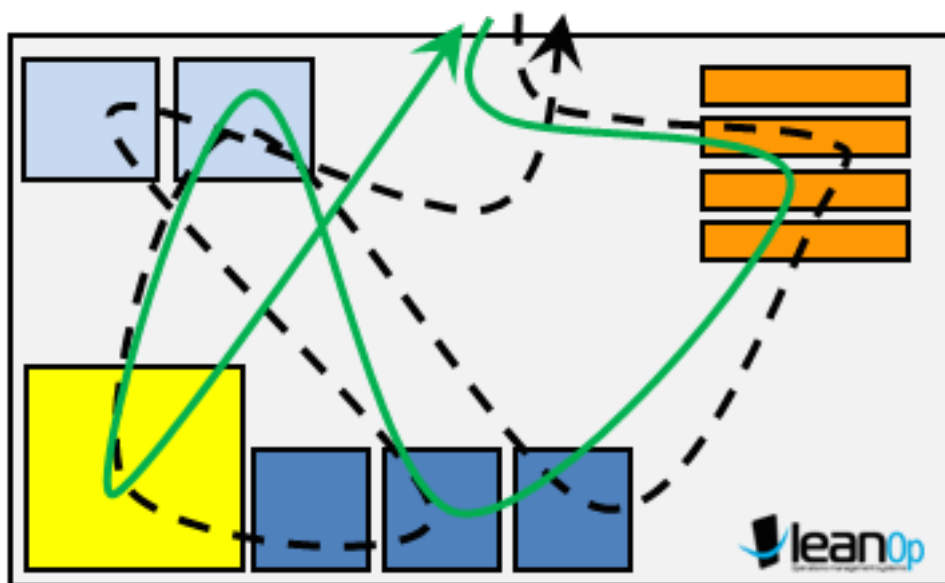


Figura 4 – Diagrama Spaghetti (Fonte: LeanOp, 2012)

2.12 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua, PDCA é a sigla de *Plan, Do, Check, Act* que se traduz em Planear, Fazer, Verificar e Atuar. O seu conceito foi discutido em 1939 por Walter Shewhart, no entanto foi Deming que nos anos 50, modificou e popularizou esta ferramenta incentivando a indústria japonesa a utilizá-la.

Os passos seguintes, representados na figura 5, devem ser repetidos para auxiliar a melhoria contínua em qualquer atividade da organização:

- **Plan:** quando existe um problema este deve ser visto como uma oportunidade de melhoria. Assim sendo planeia-se a mudança e define-se como devem ser alcançados os objetivos indicados.
- **Do:** os planos definidos na etapa anterior são postos em prática e são testadas as soluções propostas.

- **Check:** verifica-se se foram atingidos os objetivos propostos com as soluções que foram testadas.
- **Act:** deve-se atuar conforme o resultado da fase anterior. Se a mudança testada deu resultado standardiza-se essa solução. Caso se verifique que o objetivo não foi alcançado deve-se voltar à fase do planeamento.

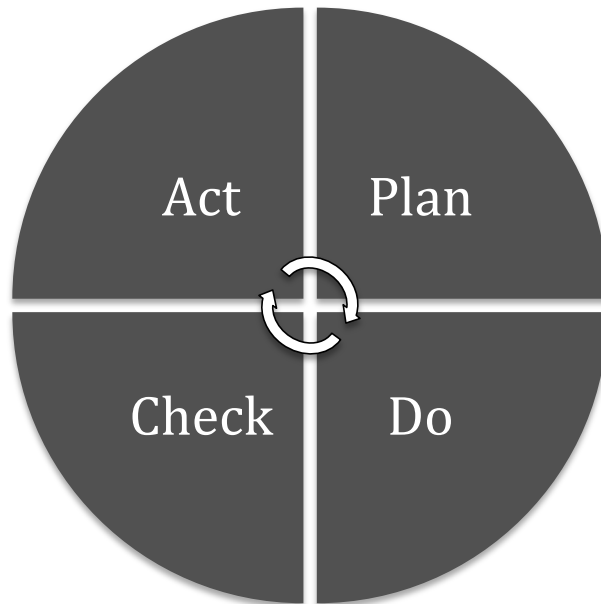


Figura 5 – Ciclo PDCA

3 Caso de Estudo

3.1 Apresentação da Empresa

3.1.1 Breve História

A 4Lean, fundada em 2008, tem como missão o apoio à criação e implementação de soluções *lean*. A 4Lean surgiu com o objetivo de colmatar uma lacuna no mercado português de sistemas de apoio ao *Lean Manufacturing*. No entanto, esta necessidade havia também noutros países e estendeu-se a oferta ao mercado externo. Desde a sua criação, o volume de negócios da 4Lean tem aumentado todos os anos. Em 2010 a 4Lean começou a sua internacionalização apostando em Itália, mercado que o seu responsável conhecia bem.

Quando foi criada, a 4Lean tinha sede em Arouca mas no fim de agosto de 2013 mudou de instalações, fruto da necessidade de mais espaço. Atualmente, a 4Lean encontra-se situada na Zona Industrial de Rio Meão no edifício do LEC (*Lean Excellence Center*).



Figura 6 – Entrada LEC (Fonte: *Lean Excellence Center*, 2013)

3.1.2 Mercado

Ao longo dos anos, a 4Lean vindo a aumentar as suas exportações, grande parte feitas para o mercado italiano. Em 2012 a 4Lean exportou para Itália 45% do volume de negócios, mais do dobro das exportações para Itália comparando com 2011. Atualmente a 4Lean está a fazer prospecção de mercados com o objetivo de aumentar de vendas no mercado alemão, belga, espanhol e inglês.

3.1.3 Famílias de Produtos

A 4Lean tem ao dispor dos seus clientes várias famílias de produtos criadas para satisfazer as suas necessidades. Divididos pelas seguintes famílias de produtos, existem mais de 350 componentes e estão envolvidos cerca de 15 fornecedores.

4Lean System: esta família de produtos, representa a maioria das vendas da empresa. O preço é acessível e tem como ponte forte poder adaptar-se à posteriori com facilidade, caso seja necessário. A figura 7 mostra um supermercado feito com produtos desta família.

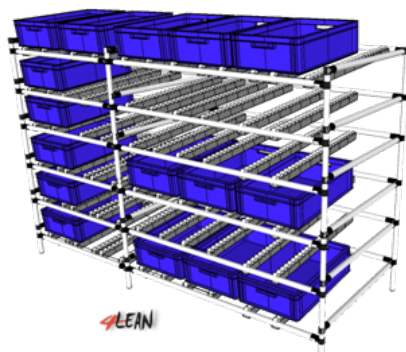


Figura 7 – Supermercado construído em 4Lean System (Fonte:4Lean, 2014)

4Lean System +: esta família de produtos é mais cara e a adaptação é mais limitada. No entanto, com esta família são facilmente criadas estruturas que permitem apenas uma pessoa mover 1200kg de forma ergonómica. Na imagem em baixo mostra uma das soluções mais vendidas em 4LeanSystem +, um *tallwagon*.



Figura 8 – Tallwagon solução construída com 4Lean System+ (Fonte: 4Lean, 2014)

MiniWagon: são pequenas estruturas usadas para fazer pequenos comboios logísticos, não são indicados para transportar peças pesadas. Este produto não permite que seja alterado posteriormente. Na figura abaixo, vimos um MiniWagon típico.



Figura 9 – Miniwagon (Fonte: 4Lean, 2014)

d-trucks: produto com vendas muito reduzidas, utilizado para transporte de barris.

Tow Trucks: gama de veículos motorizados utilizados como comboio logístico para rebocar vagões.

4Lean Electronics: esta família tem AGV's e acessórios para os mesmos.

Visual Management: família com maior crescimento de vendas em 2014, tem produtos para gestão visual.

Containers: esta família de produtos tem uma variedade de contentores plásticos. Na figura 8, as caixas representadas fazem parte desta família.

XCasters: família de rodízios é utilizada com outras famílias.

Kaizen Area: nesta família são vendidos os produtos necessários para ser feito todo o processo de corte e montagem da família 4Lean System.

3.1.4 Entregas de Produtos

A 4Lean dispõe uma oferta variada de sistemas modulares, sistemas de gestão visual e embalagens de plástico. Os clientes da 4Lean podem escolher entre 3 formas de receber os produtos: estruturas montadas, kit ou componentes avulso.

Estruturas montadas: neste caso é feito o projeto, os perfis são cortados e furados à medida e a estrutura é montada e embalada. Esta solução é a mais cara essencialmente devido aos custos de transporte que a mesma está associada. No entanto, alguns clientes usam o seu transporte fazendo com que esse valor seja reduzido. Outra das razões que os cliente podem optar por esta solução, é pela complexidade de algumas estruturas que os seus colaboradores irão ter dificuldade em montar.

Kit: esta forma de receber é similar à forma como o IKEA vende as suas mobílias. O projeto é feito na 4Lean, os perfis são cortados à medida e todos os componentes necessários para montar essa estrutura, são vendidos e enviados para o cliente. Quando o material chega ao cliente, este apenas tem de montar essa estrutura. A grande vantagem desta solução é a redução dos custos de transporte face às estruturas já montadas, tendo em conta que a 4Lean não lucra com a montagem.

Componentes avulso: quando o cliente opta por receber os produtos desta maneira, habitualmente não é feito projeto para a estrutura. Estes clientes têm material próprio para fazerem todo o processo de transformação. No que diz respeito aos componentes que não necessitam de transformação (por exemplo: caixas plásticas, gestão visual, entre outros) são vendidos desta forma.

O quadro abaixo, representa uma matriz produto/processo que relaciona as maneiras que o cliente pede o material e os processos que a 4Lean tem de fazer.

| Produto/Processo | Projeto | <i>Picking</i> de material | Montagem | Corte |
|---------------------|---------|----------------------------|----------|-------|
| Estruturas montadas | x | x | x | x |
| KIT | x | x | | x |
| Componentes avulso | | x | | |

Quadro 1 – Matriz produto/processo, forma de entregar e operações processadas

Esta oferta é dividida em várias famílias de produtos que se adaptam à necessidades específicas de cada cliente. Apesar de haverem alguns tipos de soluções *standard*, as dimensões e determinadas características são sempre personalizadas para cada cliente. Estas soluções poderão incluir produtos de várias famílias.

3.2 Processos

3.2.1 Entrada de materiais em stock

Existem dois tipos de entradas de materiais em *stock*: comprados (figura 10) e produzidos (figura 11).

O processo de compra de materiais é feito normalmente de mês a mês verificando, com base em previsões, para quanto tempo determinada peça irá ter *stock*. Tendo em conta o longo tempo de espera até ser recebido essa encomenda, é enviado ao fornecedor um *email* com as peças necessárias. Quando chegam as encomendas, é necessário descarregar o contentor e depois verificar as quantidades de cada referência antes de colocar esse material em *stock*.



Figura 10 – Processo de entrada em *stock* de componentes comprados

O processo de entrada de materiais em *stock* de componentes produzidos é mais complexa. A área responsável pela produção destas peças, no início deste projeto ainda era feito nas instalações antigas no entanto, este processo manteve-se igual nas novas instalações. Nessa área produtiva, a matéria prima é cortada e furada para dar origem aos

subcomponentes. Conforme a necessidade de componentes do supermercado a jusante, é feito o *picking* dos subcomponentes necessários para irem para a soldadura (processo subcontratado). Essa necessidade é criada por um *kanban* de componentes, estes *kanbans* ficam num quadro a aguardar *picking*. Todos os dias é feito o *picking* dos subcomponentes necessários para fazer esse componente na quantidade indicada no *kanban*. Após esse *picking*, esses subcomponentes vão para a soldadura onde passam a ser componentes. Esses componentes, voltam à área produtiva onde é feito o controle de qualidade da soldadura (controle a 100% das peças) e são mandadas para a zincagem (processo subcontratado). Quando volta à empresa, é feito um novo controle de qualidade. Depois são embaladas e mandadas para o supermercado de componentes produzidos.

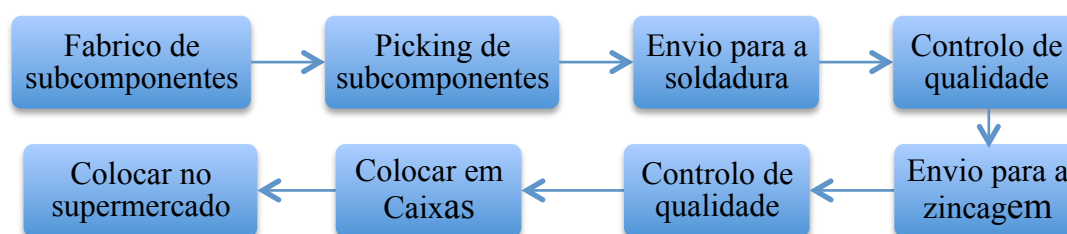


Figura 11 – Processo de entrada em *stock* de componentes produzidos

3.2.2 Montagem por produto

Verificou-se anteriormente existiam várias famílias de produtos, no processo de montagem de estruturas independentemente da família a maioria dos casos necessitam de:

- Fixadores (parafusos, porcas ou anilhas);
- Perfis (tubos redondos, tubos quadrados, rolos e guias);
- Peças em stock ou MTS (juntas, pés, rodas, etc.);
- Peças especiais ou MTO (painéis mdf, chapas, juntas especiais, etc.).

O quadro 2 mostra as características do processo de montagem entre as famílias de produto que passam pelo processo de montagem.

| Família de produtos | <i>Lead time</i> componentes | Operações comuns | Local de Montagem |
|---------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 4Lean System | 4 meses (2 semanas para alguns) | Corte | Mesa ou Chão |
| 4Lean System + | 2 semanas | Corte + furação | Chão (algumas partes na mesa) |
| MiniWagon | 2 semanas | - | Mesa |

Quadro 2 – Famílias de produtos e processo de montagem

A família de produtos **4Lean System**, representa a maioria das vendas. Esta gama tem um preço acessível e é fácil de se adaptar à posteriori, se necessário. Os produtos desta família são, em grande parte importados da Ásia por isso o *lead time* é cerca de 4 meses o que leva a ter mais *stock* armazenado. No entanto, existe uma pequena parte de componentes produzidos internamente em que o *lead time* é de apenas de 2 semanas. Antes de serem montados, os produtos desta família têm de ser cortados os perfis (tubos, rolos ou guias) com a medida indicada no processo. O processo de montagem é feito no chão ou numa mesa, dependendo das medidas do projeto.

Quanto à família de produtos **4Lean System +** é a mais cara e a possibilidade de adaptação é mais reduzida. Nesta família, todos os produtos têm um *lead time* de 2 semanas, os componentes são produzidos internamente e os tubos são comprados a uma empresa portuguesa. Os tubos desta família têm de ser cortados e furados para depois então serem montados. Habitualmente a montagem desta família é feita no chão, exceção feita apenas para alguns componentes que são montados na mesa.

Os MiniWagon são produtos não permitem que sejam alterados posteriormente e são feitos internamente com o *lead time* de 2 semanas. Não existe a necessidade de corte ou furação estando o processo de montagem restringido a colocar rodas e outras duas peças fazendo com isto com que seja o produto mais rápido de se montar demorando cerca de 15 minutos.

3.2.3 Transformação dos produtos

Este processo acaba sempre na zona de expedição, no entanto como já foi visto anteriormente, os clientes pedem o produto três maneiras diferentes: estrutura já montada, em kit, ou componentes avulso. Para simplificar a explicação ao longo do trabalho, entenda-se por carro de *picking* (figura 12) o carro que transporta peças em *stock*, peças especiais e tubos cortados; por carro de tubos o carro que transporta perfis antes de serem cortados.



Figura 12 – Antigo carro de *picking*

O processo (figura 13) começa pela recepção da encomenda, verificação do *stock* no programa informático e impressa a folha de *picking*. Depois disso, o processo difere em função das maneiras que o cliente quer o produto. No caso do cliente querer a estrutura montada (caso mais completo) é impresso junto à folha de *picking* uma folha com as medidas de cortes e furos e outras folhas com o desenho da estrutura (em 2D e 3D). Depois disso é feito o *picking* dos perfis que são colocados no carro de tubos e são levados até à zona de corte. De seguida é feito o *picking* de componentes que se colocam no carro de *picking* e são também transportados para área de corte e furação. À medida que é feito o corte e furação de perfis o funcionário coloca-os no carro de *picking*. Depois os perfis desse projeto, o carro de *picking* vai para a área de montagem onde espera que o funcionário inicie a montar esse

projeto. Quando a estrutura acaba de ser montada, é verificada pelo responsável, embalada e colocada na zona de expedição.

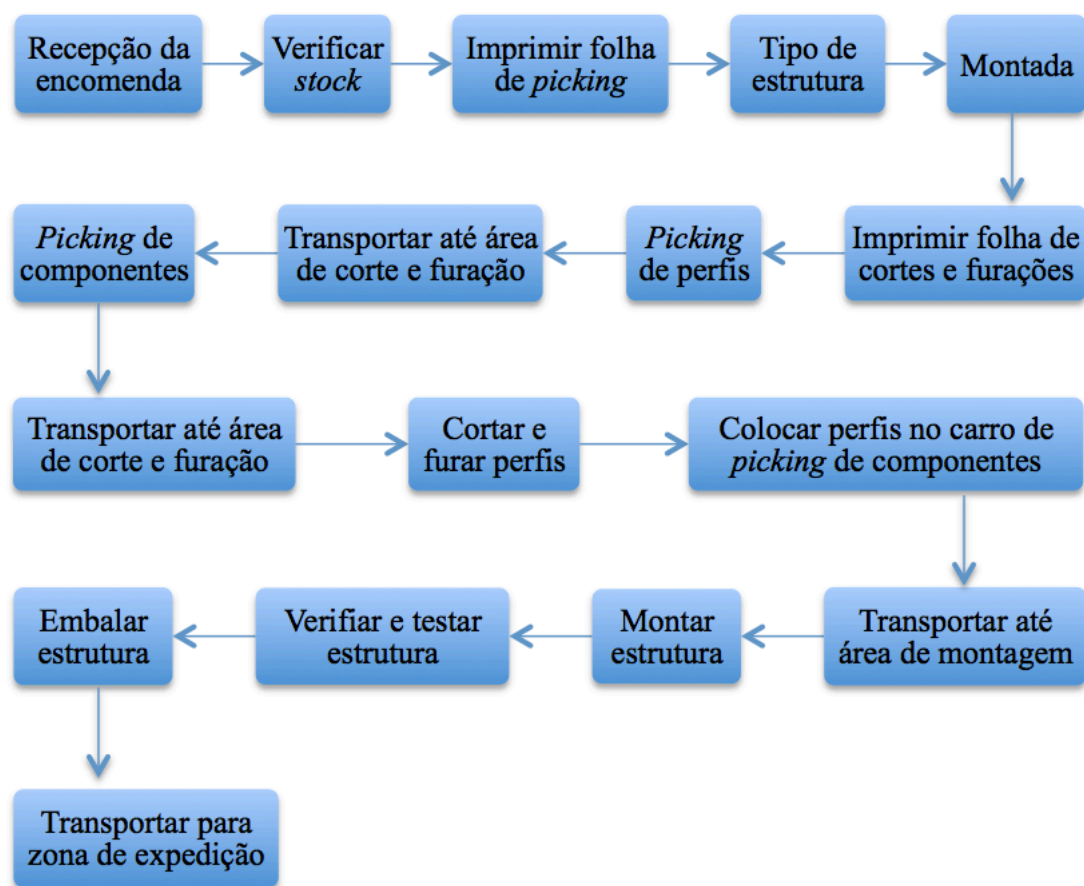


Figura 13 – Processo de transformação dos produtos

Por vezes, quando a estrutura está a ser montada, por vezes existem falta de peças. Caso não seja peça especial, a pessoa que está a montar vai buscar essa peça ao *stock*. Quando são peças especiais para aquele projeto, é verificado se essa peça já está feita, caso contrário fica uma estrutura em WIP.

3.3 Diagnóstico inicial

A empresa propôs ser feito um projeto de melhoria do fluxo de materiais. Esta encontrava-se ainda a fazer a mudanças de instalações, no entanto a fábrica já estava a funcionar.

Ao longo dos primeiros meses, foi feito uma auditoria a diversas áreas da empresa. Recorrendo à análise e observação, ferramentas para implementação *lean* e conversas com os funcionários procurou-se identificar potenciais melhorias nos processos de forma a melhorar o fluxo de materiais.

3.3.1 Layout

No canto superior esquerdo da figura 14 temos representadas a vermelho, paletes com o *stock* de juntas sem nenhuma ordem aparente, este era o local onde se fazia o *picking* do material para a zona de montagem. Um pouco à esquerda a azul estão representados os cinco *racks* para colocar o resto do *stock*. Cada um destes racks dá para colocar 18 euro-paletes distribuídas por 3 níveis de altura. A zona de expedição estava ao lado da montagem e dividida em expedições diárias (nacionais) ou semanais (exportação).

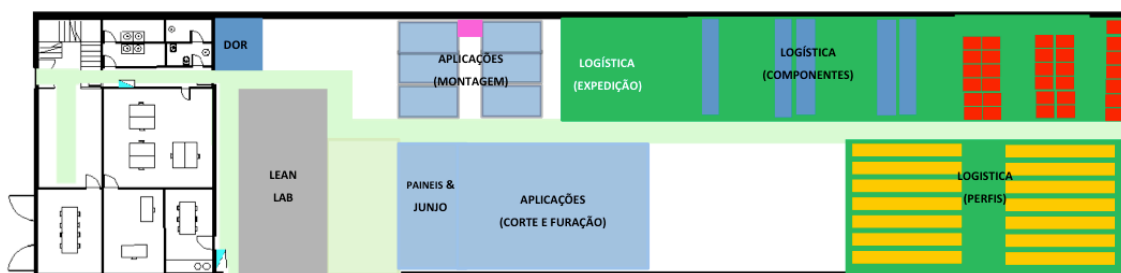


Figura 14 – Layout da 4Lean em setembro de 2013 (Fonte: Adaptado de documento interno 4Lean)

Na zona de corte e furação haviam muitas pontas de perfis por aproveitar. Estas já vinham das instalações anteriores mas estavam todos misturados. Isto dificultava a seleção das pontas necessárias e por vezes cortava-se um tubo ou rolo novo. A zona de montagem estava dividida em seis células de fabrico, no entanto haviam apenas 2 trabalhadores. Nesta zona havia uma prateleira, representada a cor de rosa, com as ferramentas que fossem necessárias usar e em cada projeto.

O *lean lab* é a zona onde se desenvolvem protótipos de estruturas que não se sabe como fazer mas existe interesse em investigar. Importa também referir que o DOR (*Daily Operation Review*) é a zona onde é feita todos os dias uma reunião com os responsáveis de cada secção. Nesta reunião são discutidos problemas com o apoio do ciclo PDCA e registados os indicadores QCESM (Qualidade, Custo, Entrega, Segurança, Moral). As zona em branco estavam a aguardar por máquinas e por estruturas que ainda não estavam nestas instalações.

3.3.2 Logística

Como mostrado anteriormente no *layout* inicial, o *stock* para *picking* está em paletes, no chão, sem ordem lógica. Após observar o funcionário, verificou-se que naquela área haviam vários desperdícios. O desperdício mais evidente era o tempo gasto à procura das peças para *picking*. Verificou-se também que, a nível ergonómico não era a solução mais adequada pois as caixas eram demasiado pesadas para estarem ao nível do chão.

Quando haviam encomendas de maiores quantidades, o *stock* de *picking* não era suficiente e era necessário retirar *stock* que estava nos *racks*. Aí surgia outro desperdício, para encontrar qual era a paleta que tinha a referência necessária era gasto algum tempo. Todas as paletes deveriam ter escrito, na parte da frente o nome da referência que tinham, mas na prática nem todas tinham. Algumas destas paletes tinham várias referências misturadas (figura 15) o que fazia que o funcionário perdesse em entre 30 e 150 segundos a verificar quantas caixas tinham de cada referência. O valor acima mencionado varia conforme a variedade de referências e a quantidade de caixas total que se encontra na paleta.



Figura 15 – Paleta multiproduto

Quando era necessário retirar caixas dessa paleta eram gastos aproximadamente 7 minutos e 30 segundos. O gráfico 1 mostra todas as tarefas que são necessárias fazer quando se retira *stock* das *racks*. Os tempos foram recolhidos com base na observação e cronometragem de 5 tempos para cada operação. Não houve necessidade de recolher mais dados pois, aquando da recolha o operador estava a trabalhar no ritmo habitual. Nas operações “Retirar filme da paleta” e “Filmar de novo” registou-se o número de caixas que

estavam na paleta visto que influenciavam o tempo e considerou-se o tempo médio para o número médio de caixas por paleta que haviam naquele momento.

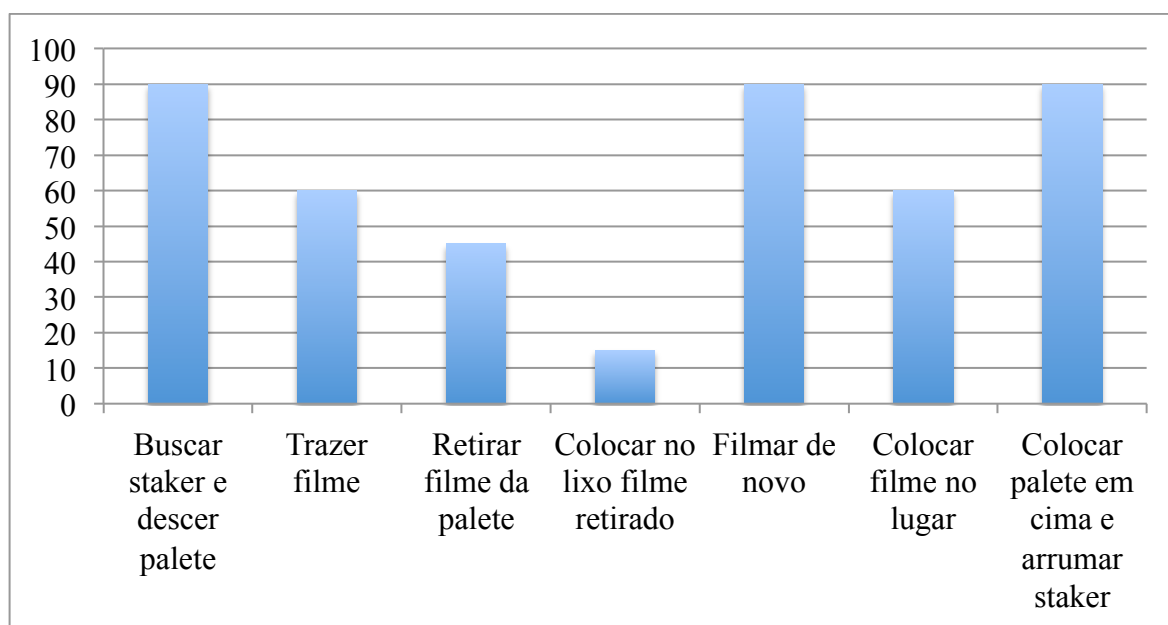


Gráfico 1 – Processo de retirar *stock* das racks (eixo X: operações, eixo Y: segundos)

O abastimento de perfis cortados, fixadores com menos consumo e peças MTO e MTS eram entregues no carro de *picking* com o projeto. Os fixadores com maior consumo estavam na área de montagem em grandes quantidades, quando acabavam os funcionários paravam o que estavam a fazer e iam buscar mais fixadores. Os perfis por cortar eram entregues na zona de corte pelo carro de tubos. Em suma, haviam dois carros que faziam o mesmo trajeto até à zona de corte mas eram transportados individualmente.

Apesar de ser útil existir um carro de *picking* que possa transportar todo o material necessário para fazer a montagem de cada projeto, o carro que existia (figura 12) tinha alguns problemas nomeadamente:

- Não permitia muita arrumação devido ao seu tamanho;
- Não se conseguia separar todos os tamanhos de tubo;
- Os perfis maiores estavam na horizontal fazendo com que os carros ocupassem mais espaço;
- Os perfis saíam do espaço do carro o que trazia preocupações de segurança;
- Perfis com mais de 2 metros eram praticamente impossíveis de transportar.

3.3.3 Corte e furação

A zona de corte e furação de perfis estava visivelmente com demasiadas pontas de vários tamanhos e a maioria podia ser usada para outros projetos. Este material desorganizado em excesso criava dois grandes problemas: atrapalhava o manuseamento de material, e fazia com que fosse moroso aproveitar as pontas já existentes.

Para se conseguir identificar mais problemas e sensibilizar os colaboradores, foi feito um digrama *spaghetti* (figura 16). Este diagrama mostrou outros problemas que existiam naquela área: a barra de medição estava desajustada e a fita métrica pouco legível (o que levava a que o funcionário tivesse que medir individualmente cada tubo que iria cortar); o carro com material fazia viagens em vazio para ir buscar os perfis. Com este diagrama vimos que ao longo de um dia de trabalho este funcionário fazia perto de 1800 metros. Reparou-se também que os perfis já cortados estavam sem processo o que fazia que só o funcionário soubesse o destino daquele material.

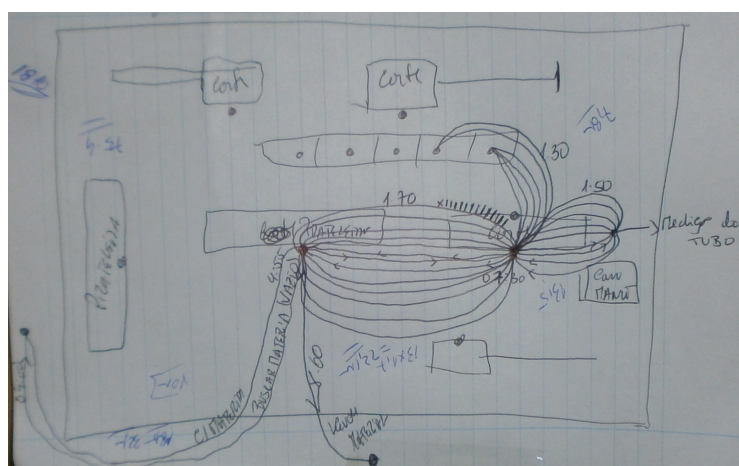


Figura 16 – *Spaghetti* da zona de corte

Ao analisar o fluxo de material desta área (principalmente pelo *stock* de tubos já cortados) notou-se que a produção era empurrada (sistema *push*) para o processo seguinte, a montagem. Este tipo de produção era feito para que o funcionário não parasse o seu trabalho. Entre outros problemas já mencionados, fazia com que se notassem os erros de corte tarde de mais fazendo assim que existisse desperdício de retrabalho.

3.4.1 Montagem

Como foi dito anteriormente, a zona de montagem estava dividida em 6 células de trabalho. Estas células serviam para montar todo o tipo de projetos nas famílias de produto: 4Lean System, 4Lean System + ou MiniWagon. Conforme o tamanho e peso das montagens pedidas, os trabalhadores escolhiam montar as estruturas no chão ou em mesas, como mostra o quadro 2 do processo de montagem. Quando se iniciava a montagem, o funcionário decidia se iria ou não montar no chão e de que forma ia começar a montar essa estrutura (por exemplo um funcionário podia começar a montar da base para o topo e outro fazer primeiro a parte da frente). Faltava uniformização na maneira que se construía as estruturas.

Outro problema, era o facto da montagem começar a ser feita e a meio deste processo notar-se que não existem todas as peças necessárias para acabar essa estrutura. Quando isso acontecia o trabalhador das montagens ia até os supermercados na área da Logística e ia buscar a peça em falta. No entanto, o mais comum era a que a peça que faltava era uma especial e ainda não tinha chegado, impossibilitando assim o funcionário de acabar a montagem que começara. Essa estrutura que ficava por acabar e o trabalhador começava a montar outra. Como haviam 6 células de montagem e apenas 2 funcionários, muitas das vezes estas células serviam acumular WIP.

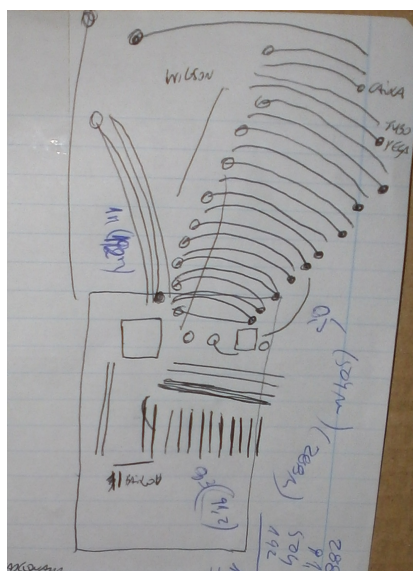


Figura 17 – *Spaghetti* da zona de montagem

Nesta zona, à semelhança da zona de corte, também foi feito um diagrama *spaghetti*, figura 17. Ao analisar o diagrama de *spaghetti*, verificou-se que a maioria do percurso que os

funcionários faziam era para: buscar ferramentas, buscar material ao carro de *picking*, ou para ir buscar o banco de apoio que o mesmo funcionário tinha utilizado noutra parte da estrutura.

3.4.2 Principais problemas

Ao longo deste diagnóstico inicial, foram identificados vários problemas nas diversas áreas da empresa. Na zona da logística, o *stock* para *picking* estava em cima de paletes sem organização e o processos de retirar *stock* dos *racks* demorava muito tempo. Quanto ao abastecimento das células de montagem era feito pelos carros de *picking* que estavam mal dimensionados e apresentavam preocupações ao nível da segurança.

A zona de corte e furação tinha uma grande quantidade de pontas de perfis, estas não estavam organizadas não se conseguia distinguir entre as pontas que eram sucata e as que se podia aproveitar. Outro grande problema desta área era o facto de se trabalhar em sistema *push* o que criava problemas de retrabalho e WIP. Na área de montagem os processos não eram padronizados e haviam muitas faltas de material que resultavam num número elevado de estruturas por acabar.

3.5 Melhorias Realizadas

Após a auditoria inicial, foram tomadas, decisões de forma a reduzir ou eliminar os desperdícios existentes nas áreas: logística e aplicações(montagem; corte e furação)

3.5.1 Layout

Ao longo do tempo e com as ações de melhoria contínua implementadas, o *layout* foi evoluindo. A figura abaixo representa o *layout* da 4Lean no dia 30 de abril de 2014.

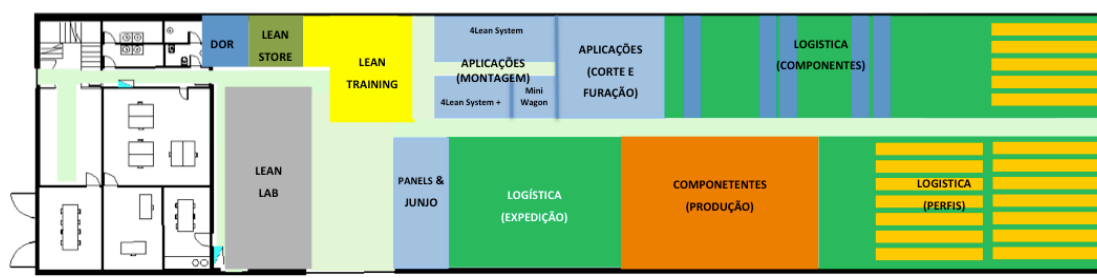


Figura 18 – *Layout* 4Lean em abril de 2013 (Fonte: Adaptado de documento interno 4Lean)

No decorrer deste projeto, foram chegando máquinas novas e outras das antigas instalações. Estas máquinas foram colocadas na área de produção de componentes, nesta área são produzidos os componentes e subcomponentes feitos internamente. A zona de *stock* de perfis foi expandida e os supermercados, com *stock* para *picking* ficaram debaixo dos *racks*, como explicado anteriormente. A área de corte e furação foi mudada, agora está à direita da área de montagem. A área de montagem também foi alterada, agora existe uma célula por família de produto, como irá ser mostrado adiante neste trabalho.

Apesar de estar fora do âmbito deste projeto, importa também explicar a zona da *lean store* e do *lean training*. A *lean store* é a panóplia de todos os componentes que estão em catálogo da 4Lean e serve para mostrar a clientes ou para os projetistas tirarem as dúvidas que possam ter de determinada peça. O *lean training* é uma área com um posto de trabalho que é usado em formações a outras empresas e também como *showroom* de algumas estruturas que a 4Lean vende.

3.5.2 Logística

3.5.2.1 Supermercados

Para melhorar o processo de *picking* de material, verificou-se a necessidade de criar supermercados para se a aceder a este *stock* de forma mais rápida e ergonómica. A criação de supermercados permitiu libertar espaço necessário para colocar o *stocks* de perfis. Enquanto estavam a ser construídos, organizou-se as paletes que estavam no chão pelo tipo de produtos (juntas para tubos; juntas para rolos; juntas para tampos; pés; *tool holders*; componentes produzidos e rodízios). Esta organização, só por si permitiu baixar o tempo de procura de materiais para *picking*. Ao mesmo tempo era preparado a organização das referências nos supermercados que já estavam a ser construídos.

De forma a termos todas as referências nas quantidades suficientes era necessário dimensionar os supermercados. Por haver grande diferença no tamanho das caixas de rodízios e as outras decidiu-se fazer supermercados de tamanhos diferentes. Note-se que haviam apenas dois tamanhos diferentes pois foi feito um trabalho anterior com o fornecedor, no entanto ainda existiam alguns produtos com as caixas antigas que foram mudadas à medida que era necessário reabastecer o supermercado. Chegou-se à conclusão de dimensionar os supermercados com 4 níveis para os rodízios e de 7 níveis para juntas. Em cada nível deveriam caber 8 caixas, com a exceção de 8 referências com maior consumo que teriam 16 caixas.



Figura 19 – Supermercados com todos os tipos de produto 4Lean System

À medida que foram feitos os supermercados, colocou-se o *stock* de *picking* nos mesmos. Fez-se uma análise ABC para se definir os locais onde iriam colocar os diferentes tipos de produto e colocou-se mais perto do corredor central o tipo de produtos com maior consumo. Optou-se por manter os produtos do mesmo tipo juntos para haver mais facilidade a procurar a referência pretendida. Em cada supermercado, os produtos foram organizados de maneira a que as referências com maior consumo estivessem na altura mais ergonómica.

Depois de todas as referências estarem nos supermercados, verificou-se que era gasto algum tempo quando se ia repor o supermercado. Em cada referência, era preciso verificar as paletes nos *racks* até encontrar o produto procurado. Para se eliminar o tempo de procura de paletes, colocou-se a indicação do local onde se encontrava essa referência, como mostra a figura 20.



Figura 20 – Localização do *stock* para reposição

3.5.2.2 Organização de paletes

De forma a reduzir o tempo perdido à procura da paleta de determinada referência em *stock* era importante, garantir que a folha de identificação existia e estava atualizada. Quando foi feita esta identificação, notou-se que haviam muitas paletes em que tinham várias referências (paletes multiproduto) e poucas as paletes com apenas uma referência (paletes monoproduto). Verificou-se também, que existiam algumas referências que se repetiam nas paletes multiproduto. Isto fazia com que fosse, por vezes necessário baixar mais do que uma paleta dos *racks* para retirar *stock*. Para evitar este trabalho acrescido, decidiu-se juntar as caixas da mesma referência na mesma paleta fazendo que haja o maior número possível de paletes monoproduto.

Mesmo assim era difícil encontrar as referências pretendidas nas paletes multiproduto. Além disso, era gasto muito tempo a retirar e colocar o filme plástico. Para resolver esta situação começou-se por analisar uma amostra de 5 paletes multiproduto (particularmente desorganizadas) e contabilizou-se quantas caixas haviam de cada referência. Ao analisar esses resultados, decidiu-se criar uma estrutura para acopular à paleta que permitisse encontrar mais facilmente a referência pretendida e ao mesmo tempo eliminar o processo de colocar filme plástico. Após testar-se algumas disposições de caixas na paleta, chegou-se à conclusão a disposição com a melhor relação entre organização e espaço ocupado era uma estrutura que iremos chamar paleta multiproduto M6.

A paleta multiproduto M6 (figura 21) pode separar até 6 referências diferentes tendo cada separação capacidade para 8 caixas. A capacidade total desta estrutura é de 48 caixas o que significa uma redução de capacidade de 16 caixas em comparação quando não existe nenhuma estrutura. No entanto, esta solução permite dividir melhor as diversas referências e eliminar o uso de filme plástico.



Figura 21 – Paleta multiproduto M6

Ao longo do tempo, verificou-se que haviam cada vez mais referências nas paletes multiproduto. Quando foram analisadas, notou-se que a maioria destas referências tinham poucas caixas e eram colocadas quando no lugar certo havia falta de espaço. Este comportamento dos colaboradores, evidenciou a necessidade de um local para pôr a “caixa a mais” sem desorganizar os produtos. Foi criado então, uma estrutura semelhante ao modelo anterior que iremos chamar M10. A paleta multiproduto M10 permite separar até 10 referências diferentes colocando o máximo de 4 caixas de cada. A capacidade total desta estrutura é de 40 caixas.

Depois de saber como eliminar o filme plástico das paletes com várias referências, surgiu o desafio de eliminá-lo também nas paletes monoproduto mas sem reduzir a

capacidade de 64 caixas por paleta. Na imagem abaixo, as caixas com produto são representadas a vermelho e a preto os limites de uma europaleta 800x1200mm.



Figura 22 – *Layout* inicial das paletes monoproduto

A figura anterior, representa a disposição das caixas nas palestes monoproduto vista de cima. Cada nível tem capacidade para 8 caixas num total de 64 caixas de capacidade divididas por 4 níveis. Para se eliminar do uso do filme plástico, como foi feito para as paletes multiproduto, era necessário criar uma estrutura que se fixasse à paleta. Esta estrutura teria de ser feita com um tubo com cerca de 35mm de diâmetro. Mantendo a posição atual das caixas a estrutura ficaria como mostra a imagem a baixo a verde.



Figura 23 – *Layout* inicial da paleta com estrutura

Como podemos ver na imagem em cima, ao mantermos esta disposição a estrutura iria ser mais larga do que a paleta. Após ser medido a largura dos *racks*, foi verificado que este aumento lateral iria fazer com que não coubessem as 3 paletes por divisão. Teria-se então de encontrar outra disposição para colocar as caixas de forma a não diminuir a sua capacidade. Após testar várias alternativas, chegou-se à solução representada na imagem abaixo.

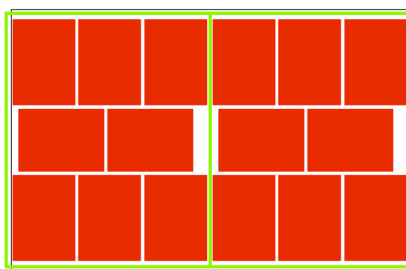


Figura 24 – *Layout* final de paleta com estrutura

Esta solução faz com que a estrutura saia um pouco nas extremidades da paleta, no entanto não causa problemas. A estrutura foi “encaixada” nesta disposição de caixas de forma a não aumentar a largura. Apesar do objectivo inicial ter sido arranjar uma estrutura que permitisse colocar apenas uma referência, foi conseguido separar em 2 sem comprometer o objectivo principal que era manter a capacidade de 64 caixas.

Após termos criados três modelos de paletes multiproduto era necessário fazer uma análise de forma a saber quantas iríamos necessitar. Sintetizando os modelos apresentamos:

- M2 - paleta multiproduto com 2 divisões e capacidade de 64 caixas;
- M6 - paleta multiproduto com 6 divisões e capacidade de 48 caixas;
- M10 - paleta multiproduto com 10 divisões e capacidade de 40 caixas.

Para começar a análise começou-se por contar o número total de caixas que haviam, naquele dia, distribuídas por todas as paletes de multiproduto e monoproduto. Depois definiu-se um critério geral para as distribuições, nos diversos modelos de paletes:

- M2 quando haviam 16 ou mais caixas;
- M6 quando haviam entre 5 e 15;
- M10 quando haviam 4 ou menos caixas.

Os resultados dessas necessidades estão ilustrados na seguinte tabela:

| Modelo de paletes multiproduto | Necessidade Atual | Distribuição | Quantidade Calculada | Quantidade a Produzir |
|--------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| M6 | 4,9 | 15% | 5,5 | 6,0 |
| M10 | 0,4 | 1% | 0,4 | 1,0 |
| M2 | 27,0 | 84% | 30,1 | 29,0 |
| Total | 32,3 | 100% | 36,0 | 36,0 |

Tabela 1 – Quantidade de estruturas multiproduto por modelo

Na tabela 1 são mostrados os resultados de quantas estruturas de cada tipo eram necessárias para armazenar as caixas existentes com base nos critérios acima definidos. Estes números não são constantes e podem-se alterar conforme a quantidade de *stock* existente, por isso foi usada a percentagem que cada tipo de estrutura representa nesta amostra. O espaço nos *racks* definido para este tipo de produtos eram de 36 paletes logo foi utilizada essa distribuição para definir quantas estruturas iriam ser necessárias. Arredondamos para cima as estruturas M6 e M10 e as restantes fizemos de M2. O resultado final foi construir 1 tipo M10, 6 tipo M6 e 29 tipo M2 ocupando assim o espaço de 36 definido para este tipo de produtos.

A eliminação do filme plástico nas paletes permitiu eliminar 5 operações e baixar em 60% o tempo de retirar o *stock* das *racks* passando de 450 para 180 segundos como ilustra o gráfico 2. Atualmente as únicas operações necessárias são buscar e arrumar o *staker*. Os tempos mostrados resultam do tempo médio de 5 medições representativas da realidade do processo.

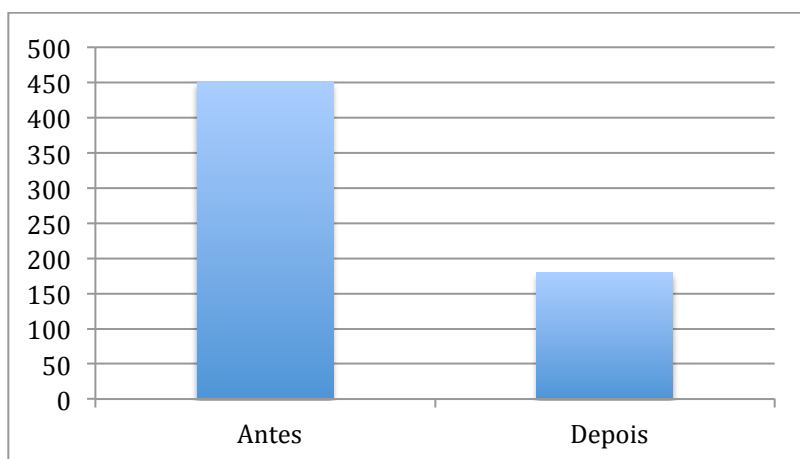


Gráfico 2 – tempo de retirar *stock* das *racks* em segundos

Verificou-se que esta operação era feita em média 15 vezes por semana e para filmar essas paletes eram gastos 5 rolos de filme plástico. O custo diário de cada trabalhador é de 180,00€ e cada rolo de filme plástico custa 3,50€. Considerando as 48 semanas que a empresa está em funcionamento, esta redução de tempo e eliminação do uso do filme plástico nesta operação irá permitir uma poupança anual de mais de 2000,00€.

3.5.2.3 Carros de *picking*

Os problemas do carro de *picking* foram analisados e, envolvendo os colaboradores criou-se um protótipo de um novo carro que não apresentasse os problemas identificados. Após construído o protótipo, foi testado durante algum tempo e recolhido o *feedback* por parte dos utilizadores, depois foram feitos alguns ajustes. Chegado ao modelo final (figura 25), foram substituídos todos os carros existentes por este novo modelo.



Figura 25 – Atual carro de *picking*

3.5.2.4 *Mizusumashi*

Para garantir que o abastecimento fosse feito de forma eficaz, decidiu-se criar um comboio logístico para garanti-lo. Começou-se por analisar como seria entregue todo o material necessário para produção de uma estrutura. Verificou-se também que a maioria das estruturas com montagem parada eram devido à falta de peças especiais, para evitar isto era essencial garantir a entrega das peças especiais.

De forma a garantir que as estruturas não começavam a ser montadas sem haver as peças especiais, decidiu-se que a rota do comboio logístico iria iniciar-se perto da zona em que estavam as peças especiais. Só se começava a fazer o *picking* do restante material quando estas peças já estivessem todas, caso contrário não avançava para a estação seguinte. Depois

deve ser feito o *picking* das peças em *stock* e do tubos inteiros para entregar na zona de corte e furação e seguir para montagem. Quanto aos fixadores foi decidido abastecer-los em *kanban* como irá ser explicado posteriormente.

Para colocar este processo de abastecimento a funcionar, era necessário sabermos como é que iríamos transportar esses materiais. Optou-se por alterar os carros de tubos e carros de *picking* existentes, para se poderem juntar e assim conseguindo fazer apenas uma viagem. Tendo em conta o tamanho destes 2 carros juntos e o tamanho da fábrica, decidiu-se abastecer um projeto de cada vez.

De forma a que fosse percorrida a menor distância possível por parte do funcionário que operava o *mizusumashi*, era importante definir onde é que iriam estar os carros usados. Definiu-se então o local para pôr os carros de *picking* vazios ao pé da zona de peças especiais. Esta zona ficava também perto da zona de montagens sendo que os funcionários dessa secção apenas teriam de percorrer 5 metros para colocar o carro de *picking* quando a montagem estivesse concluída. Quanto aos carros de tubos, definiu-se ficarem ao lado do que era usado. Assim sendo, não era necessário que o funcionário desperdiçasse tempo a estacionar o carro noutro lado. A figura 26, representa o circuito que o *mizusumashi* irá fazer com as respectivas paragens. A castanho estão representados os locais onde ficam os carros vazios.

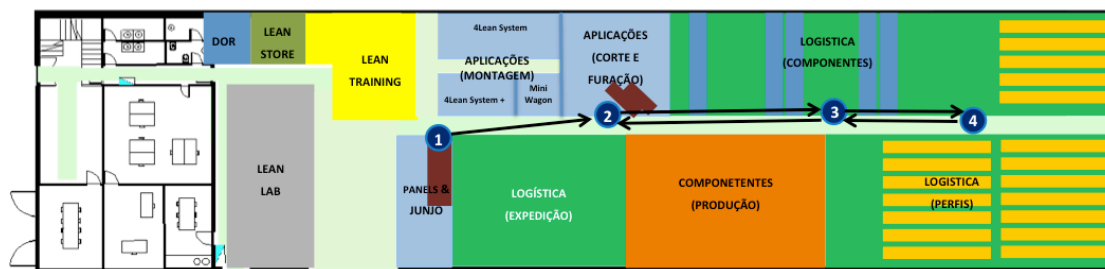


Figura 26 – Rota do mizusumashi com paragens (Fonte: Adaptado de documento interno 4Lean)

Na primeira paragem (1), onde se encontram as peças MTO, os processos e os carros de *picking*, o operador do *mizusumashi* tem algumas tarefas:

- Verificar se o carro de *picking* está vazio;
- Verificar se o processo do projeto que irá a começar a fazer o *picking* tem alguma peça especial;
- Avançar para a segunda paragem apenas se houverem todas as peças especiais para o projeto, caso contrário deverá ser feito o *picking* de outro projeto.

O comboio logístico quando sai da primeira paragem apenas tem o carro de *picking* com o projeto e peças especiais (no caso de existirem) empurrado pelo operador até à estação seguinte. Na segunda estação o funcionário deverá acoplar o carro de tubos vazio ao carro de *picking* e deve seguir para a estação seguinte. A segunda paragem, é também a última na qual o operador do *mizusumashi* irá entregar o *picking* de peças e perfis depois de ir às terceira e quartas estações. Na terceira estação (figura 19), o funcionário deverá desacoplar os carros e com o carro de *picking* deverá fazer o *picking* de todas as peças necessárias para o projeto. A seguir deverá deixar o carro de *picking* parado e deslocar-se à quarta estação com o carro de tubos e faz a recolha dos perfis necessários. Quando volta à terceira estação, o funcionário deverá juntar os dois carros abastecidos na estação número dois.

Analisou-se também qual deveria ser a frequência que o *mizusumashi* deveria operar. Esta análise teve em conta a variabilidade das montagens e das idas à zincagem do funcionário que ira ser responsável por operar o *mizusumashi* que influenciavam um abastecimento eficaz:

- Variabilidade no tempo de montagem das estruturas – entre 15 minutos e meio dia de trabalho
- O funcionário responsável pelo *mizusumashi* tem de ir 2 a 5 vezes por semana pôr e buscar produtos da zincagem (esta tarefa não tem hora do dia certa e demora cerca de duas horas)

Por haver esta variabilidade, definiu-se que o *mizusumashi* só iria iniciar este trajeto se no início houvessem projetos preparados e verificava o estado dos processos de 2 em 2 horas. A rota só acabava quando eram fornecidos os projetos que tinham processos num máximo de três. Definiu-se também que se operador do comboio logístico não estivesse nas instalações apenas o responsável das montagens poderia fazer o *picking*.

3.5.2.5 Kanban

Anteriormente já foi explicado os tipos de *kanbans* existentes, neste caso iremos implementar *kanbans* internos para o abastecimento de fixadores. Estes produtos têm pouca variabilidade, baixo preço, pouco volume e grande consumo.

Nesta aplicação do sistema de *kanban*, não foram utilizados cartões. Em vez dos habituais cartões, foram atribuídas duas caixas para cada tipo de fixador, depois sempre que a caixa ficava vazia ponha-se no local de retorno. Uma vez por dia, o funcionário da logística verificava quais eram as caixas que estavam vazias e reabastecia os fixadores em falta. Assim sendo, uma caixa vazia “puxava” o abastecimento de fixadores. Com esta gestão visual

simples, evitava-se o desperdício do funcionário ir buscar um tipo de fixador sempre que faltava, isto fazia também que o operador do *mizusumashi* tivesse de contar todos os fixadores para cada projeto que abastecia.

O *stock* destes fixadores está num supermercado especial e que as encomendas dos mesmos são feitas também por *kanban* electrónico. Conforme o *stock* é retirado deste supermercado, os sensores detetam que uma caixa foi retirada e transmite essa informação para um *tablet* que coloca essa informação numa página *web* que apenas a empresa e o fornecedor têm acesso. Essa página é atualizada de 20 em 20 minutos, conforme o consumo da fábrica o fornecedor entrega os fixadores quando necessário sem ser preciso gerir este tipo de produtos.

3.5.3 Corte e furação

De forma a reduzir os metros percorridos pelo funcionário desta área ajustou-se a barra de medição de perfis e colocou-se uma nova fita. Esta era de fácil resolução e alto impacto e eliminava o tempo e os metros que o funcionário gastava para medir todos os perfis. Após esta melhoria o funcionário apenas tinha de ajustar a barra na medida necessária, empurrar o perfil até o batente e cortá-lo.

Para acabar com a produção empurrada, formou-se o funcionário da área de corte a fazer montagens e os funcionários de montagens a cortar. Com isto criou-se apenas uma secção que fazia o corte e montagem. Esta alteração fez com que se cortasse os perfis apenas quando necessário reduzindo o *stock* intermédio e que se corrigisse os erros o mais cedo possível.



Figura 27 – Estrutura para organização de pontas

Era também necessário organizar todas as pontas de perfis que haviam, de forma a poderem se aproveitadas e não ocuparem estarem a meio do caminho do funcionário. Para isto, foram criadas estruturas (figura 27) para colocar os perfis por tipo de perfil e intervalo de tamanhos, assim como um critério claro a definir o que era sucata (figura 28) e o que se iria aproveitar.



Figura 28 – Sucata de perfis e seus critérios (foi ampliada a parte dos critérios de forma a serem legíveis)

Para melhorar o fluxo geral de materiais e de forma a não termos material a andar para a frente e para trás, mudou-se o *layout* da fábrica trocando a zona de corte com a zona de expedição.

Executadas estas melhorias, analisou-se os resultados que estas tinham surtido. Fez-se de novo o diagrama de *spaghetti* e com os mesmos critérios calculou-se a distância que um funcionário ira percorrer ao longo de um dia de trabalho. Apesar de atualmente já não existir um funcionário dedicado exclusivamente ao corte de tubos, foram feitos os cálculos como se esse funcionário apenas cortasse de forma a facilitar a comparação. Considerou-se que era feita uma medição a cada quatro cortes e em cada tubo eram feitos quatro cortes. Estes tubos estão embalados em conjuntos de 10 unidades sendo necessário desembalá-los. É necessário trazer tubos à zona de *stock* e são trazidos 2 conjuntos de cada vez. Retirou-se o tempo e os metros percorridos neste conjunto de operações e calculou-se quantas vezes o funcionário iria fazer este ciclo de 20 tubos em 7,5 horas de trabalho, este calculo foi feito antes e depois das melhorias realizadas.

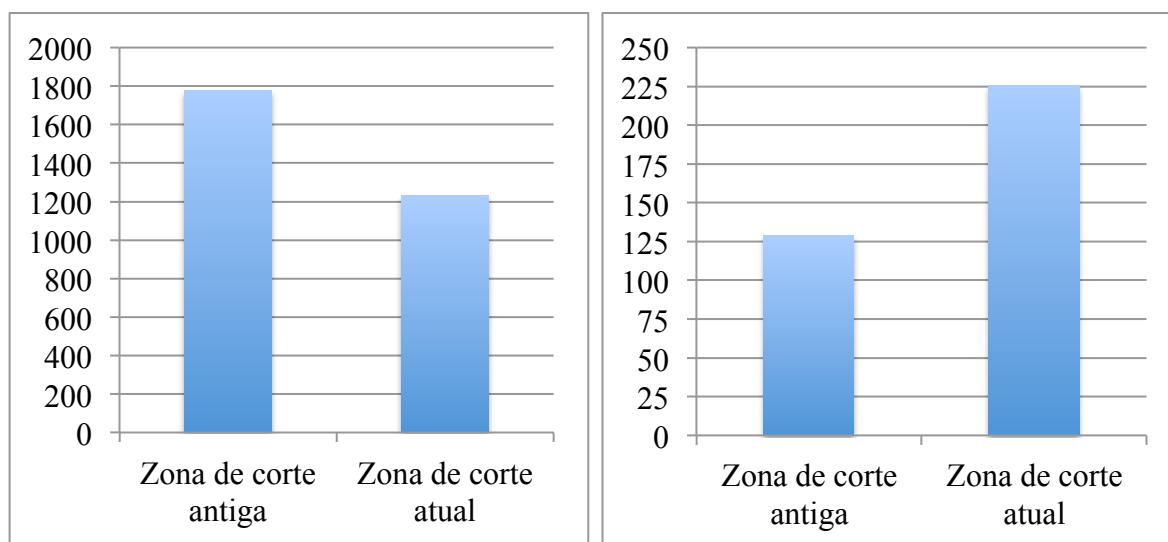


Gráfico 3 – eixo Y: (gráfico A: metros) (gráfico B: número de perfis cortados)

Como mostra o gráfico 3A, o funcionário que antes percorria 1779 metros de distância, agora iria percorrer apenas 1231 metros. Para além de reduzir 31% a distância percorrida, agora a capacidade de cortes diários aumenta 75% passando dos 129 perfis cortados diariamente para 226, gráfico 3B. Se considerarmos eram necessários diariamente os 129 perfis iniciais, a distancia percorrida com o *layout* atual seria de 702 metros (redução de 61%) e demorava apenas 4 horas e 17 minutos ficando o resto do dia para outras tarefas.

3.5.4 Montagem

Afim de diminuir a quantidade de WIP existente nesta área, concluiu-se que era necessário deixar de haver estruturas à espera de peças. Para isso, era necessário verificar as peças que vinham no carro de *picking* e só depois começar a montar a estrutura.

As melhorias feitas nesta área, tiveram em conta a variabilidade das estruturas montadas nas células. Um dos factores que contribuía para essa variabilidade era o facto de serem construídos três famílias de produtos: 4Lean System; 4Lean System + e MiniWagon. De forma a reduzir essa variabilidade, começou-se por dedicar uma célula de fabrico para o 4Lean System + e outra para o MiniWagon. Assim ficavam as outras quatro células para a montagem do 4Lean System e estruturas das outras famílias que não se conseguisse montar nas células dedicadas. Para cada uma das famílias de produtos, reuniu-se uma equipa para acompanhar o projeto de melhoria das células.

Na família 4Lean System +, apesar de não haverem dados estruturados à cerca das vendas das estruturas já montadas no ano anterior foi conseguido estimar esse número. Foram consultados os comerciais e analisadas as vendas das peças para montagem dessa família. Verificou-se que existiam essencialmente dois tipos de estruturas: os *basewagon* (figura 29) e os *tallwagon* (figura 8, página 13). Ao analisar estas estruturas verificou-se que o processo de montagem são semelhantes e que o *tallwagon* é equivalente a dois *basewagon* juntos.

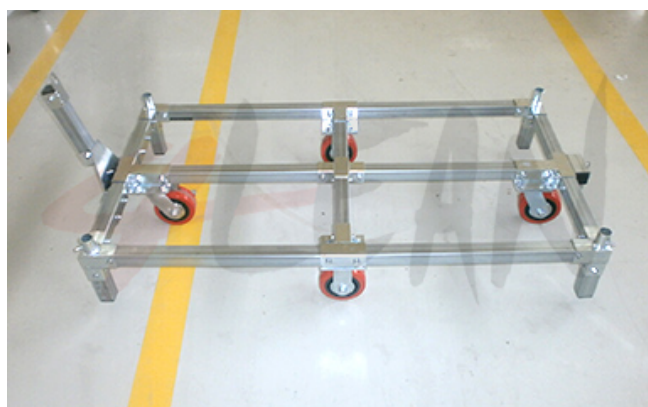


Figura 29 – *Basewagon* (Fonte: 4Lean, 2014)

Verificou-se também que as estruturas que tinham mais ou menos o tamanho de uma euro paleta (800x1200) enquadravam-se nos produtos tipo A da classificação ABC. Precisava-se então de padronizar a forma de montar este tipo de estruturas. Foi feito um *brainstorming* com a equipa e testadas algumas das ideias que surgiram. Concluiu-se então que estas estruturas deveriam ser montadas numa estrutura tipo cavalete. Nesta estrutura era montado o *basewagon*, no caso de ser um *tallwagon* colocávamos uma parte no chão, construíamos a outra parte e juntávamos. À frente dessa estrutura havia outra com todos os fixadores que o operador precisava para montar a estrutura, ao lado havia uma pequena mesa com as ferramentas necessárias e um suporte para ajudar a montar as rodas. Após a validação

do dia a dia desta estrutura, houve necessidade de criar mais uma estrutura para o 4Lean System + no entanto uma célula de trabalho continuava a ser suficiente.

Para a família de produtos MiniWagon, o processo de montagem destes produtos é menos complexo e mais ergonómico comparativamente às outras famílias de produtos. De forma a melhorar este processo, arranjou-se uma estrutura para a montagem de forma a se colocar de forma mais simples as rodas e de ter os fixadores mais próximos.

A família 4Lean System, tem mais variabilidade, no que diz respeito aos tamanhos, do que as anteriores. Encontrou-se uma forma de serem montadas estas estruturas: primeiro montava-se os painéis laterais num suporte que foi montado (figura 30), depois esses painéis eram juntos, por final eram colocados os rolos (caso existissem) e embalada a estrutura. Após ter sido chegado a esta solução, a zona de montagem foi alterada de 6 células para 3 células (uma para cada família de produtos) sendo que a última funcionava em linha.



Figura 30 – Suporte de montagem 4Lean System

Em todas as células de trabalho, tinham todas as ferramentas necessárias para montar as estruturas daquela família. Com isto eliminou-se a prateleira de ferramentas que estava longe do colaborador, como se verificou no *spaghetti*. Nestas células, o carro de *picking* também tinha lugar definido fazendo, reduzir o número de metros que o funcionário percorria durante um dia de trabalho.

4 Conclusões

4.1 Principais resultados

Ao longo do projeto, foram alcançadas melhorias no fluxo de materiais. Na área logística houveram ganhos com a implementação dos supermercados, estrutura de organização de paletes e o novo carro de *picking*. Existiram também melhorias na área de montagem e de corte e furação.

Com a implementação dos supermercados foi conseguido ganhar cerca de 40 metros quadrados necessários para colocar *stock* de perfis e reduzir-se o tempo que demorava a ser feito o *picking* de materiais. A estrutura utilizada para organizar as paletes assim como a sua correta identificação e definição de critérios de arrumação permitiu baixar o tempo de procura e de tirar de referências no *stock* das *racks*. Os novos carros de *picking* permitem transportar o material com mais segurança e com maior capacidade.

A forma de trabalhar na zona de corte e furação alterou passando-se agora a trabalhar segundo o paradigma *pull*, o que fez reduzir o WIP e a quantidade de retrabalho. Com a mudança de *layout*, aumentou-se a capacidade de cortes diários em 75% ao mesmo tempo que a distância percorrida pelo funcionário ao longo do dia de trabalho reduziu 31%.

Na zona de montagem mudou-se de células de trabalho flexíveis para células específicas para família de produto montado. Esta mudança fez com que os funcionários trabalhassem de forma mais ergonómica e rápida ao mesmo tempo que a sua distância percorrida ao longo do dia de trabalho diminuía.

Ao longo do projeto foram surgindo algumas dificuldades na concretização de determinadas ações. A organização dos supermercados por tipos de produtos foi feita no início do projeto quando não se conhecia bem a aplicabilidade de todos os produtos. Na criação do modelo de estruturas para paletes, anteriormente denominado de M2, houveram dificuldades até se chegar a esse modelo devido às limitações de espaço e condições que esse modelo teria de respeitar. No abastecimento de materiais houveram algumas dificuldades para mudar o comportamento dos colaboradores que queriam adiantar os abastecimentos mesmo sem haverem todas as peças necessárias. Apesar de alguns colaboradores terem sido envolvidos houve resistência à mudança quando foi alterada a forma de montar as estruturas.

4.2 Trabalhos futuros

Tendo em conta que, no paradigma *lean* o desperdício existe sempre e a melhoria é contínua. Assim sendo estão planeadas ações futuras na 4Lean que irão permitir reduzir o desperdício e diminuir o *lead time*.

4.2.1 Logística

No processo de produção de produtos internamente existem vários desperdícios devido a haverem processos feitos por subcontratados (soldadura e zincagem). Neste caso não podemos quantificar os desperdícios que ocorrem no processo de soldadura e zincagem, no entanto, associados a estas subcontratações existem desperdícios de transporte, triplo manuseamento de material, *stock* (necessidade de lotes diários), espera e controlo de qualidade. Para eliminar ou reduzir alguns destes desperdícios irá ser criada uma célula de soldadura interna. Para além dos desperdícios acima mencionados, esta célula interna irá permitir um lead time menor nos componentes produzidos internamente e redução dos custos de soldadura. Em relação ao processo de zincagem, continuará a ser subcontratado devido à necessidade de economias de escala para a rentabilidade deste processo.

4.2.2 Corte e Furação

Na montagem de produtos 4LeanSystem + ocorrem muitos desperdícios de tempo e por vezes de retrabalho devido à falta de precisão no processo de furação. Na célula de corte e furação, os funcionários têm uma atenção acrescida na furação dos tubos, no entanto continua a haver falta de precisão na furação. Para melhorar este processo irá ser comprada uma máquina de furação semiautomática, esta só irá precisar que o colaborador abasteça o tubo e coloque digitalmente as medidas das furações pretendidas.

4.2.3 Montagem

Na área de montagem deverão ser feitas instruções de trabalho para todas as células de montagem de forma a facilitar a formação de novos funcionários. Será também criado um carro para abastecer as paletes necessárias para a embalagem de estruturas desse dia. Assim irá ser diminuído o tempo de ir buscar as paletes que se encontram no outro lado da fábrica.

Bibliografia

- Bayou, M., & Korvin, A. d. (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems - A case study of Ford Motor Company and General Motors. *Journal of Engineering and Technology Management* , 25, 287-304.
- Ballou. (2004). *Business Logistics Management*. Pearson Education.
- Bonney, M., Zhang, Z., Head, M., Tien, C., & Barson, R. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics* , 59, 53-64.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management* , 17, 46-64.
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual* (Vol. 3). Productivity Press.
- Jones, D. T., Hines, P., & Rich, N. (1997). Lean Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* , 27, 153-173.
- Lean Enterprise Institute. (s.d.). Obtido em 2014, de Lean.org: <http://www.lean.org/WhatsLean/>
- Lean Enterprise Institute. (2004). *Lean Lexicon*. Lean Enterprise Institute.
- LeanOp Academy. (2013). Train the trainer.
- Liker, J. (1997). *Beacoming Lean: Inside Storied of U.S. Manufactures*. Productivity Press.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large scale production*. Productivity Press.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean*. Lidel Edições Tecnicas.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean*. LeanOp Press.
- Suzaki, K. (2013). *Gestão no Chão de Fábrica Lean*. LeanOp Press.
- Shah, R., & T.Ward, P. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* , 21, 129-149.
- Toyota. (s.d.). Obtido em 2014, de Toyota: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Productivity Press.

